

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-205648

(43)公開日 平成11年(1999)7月30日

(51)Int.Cl.*

H 04 N 5/225

G 06 T 1/00

H 04 N 5/235

識別記号

F I

H 04 N 5/225

Z

5/235

G 06 F 15/66

470 J

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 15 頁)

(21)出願番号

特願平10-2871

(22)出願日

平成10年(1998)1月9日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者

日暮 正樹

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

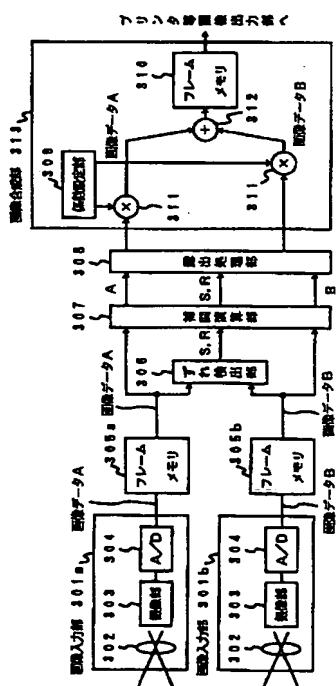
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54)【発明の名称】 画像合成装置

(57)【要約】

【課題】パノラマ画像を貼り合わせ合成で作成する場合、撮影器材の画角を知ることは難しく、位置関係が適正に合成されても、露出補正は平均値から離れた値を持つ画素値により露出補正では誤差が大きくなり、複数の特徴点を探索するため、処理時間が非常にかかる。

【解決手段】本発明は、被写体を複数に分割して撮影した画像間の位置関係を示すパラメータを算出するずれ検出部306と、パラメータと画像から平行移動・回転を補正する補間演算部307と、補間演算部307で補正された画像の重複部分から露出補正係数を算出し、対象となる画像の露出を補正する露出処理部308と、補正された画像の貼り合わせ合成を行う画像合成部313などで構成され、分割撮影された画像が貼り合わせ合成される前に、それぞれの画像の露出補正を行い、画像全体が自然な露出に補正される画像合成装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】隣接する画像間で重複する領域が含まれるように複数に分割して撮影した分割画像を貼り合わせ合成する画像合成装置において、隣接する画像間で貼り合わせ可能状態に位置関係が補正された前記分割画像の重複領域の少なくとも一部の画素群を選択し、その画素値平均及び分散により決定される露出の補正係数を算出し、貼り合わせすべき全画像若しくは、基準となる画像以外の画像に対して、前記補正係数に応じた露出補正を施す露出補正手段と、前記露出補正手段による露出補正処理が施された各分割画像を貼り合わせて画像を合成する画像合成処理手段と、を具備することを特徴とする画像合成装置。

【請求項2】前記露出補正手段において、算出された前記補正係数により分割された画像の画素値を補正する際に、予め定めた階調の範囲を越えた場合で、下限を越えた画素値は前記階調の最低値若しくは零とし、上限を越えた画素値は前記階調の最高値とすることを特徴とする請求項1に記載の画像合成装置。

【請求項3】前記画像合成装置は、前記露出補正手段による露出補正の前に隣接する画像間で貼り合わせ可能状態に位置関係を補正するために、前記分割された画像において、隣接する画像との重複領域に含まれる同じ被写体の少なくとも1つの部分を特定点として設定し、その特定点の座標位置的なデータの比較により、互いの画像の画角を推定し、推定した画角に応じて前記画像の位置関係が合致するように幾何学変形処理を行う画像補正手段と、前記画像における重複領域の複数の特徴点位置のずれ検出から平行移動距離及び回転角を算出して補間し、分割された画像を貼り合わせ合成する画像合成手段と、をさらに具備することを特徴とする請求項1に記載の画像合成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被写体（構図）を複数に分けて撮影した画像を合成し、高精細・広画角の画像や全周パノラマ画像を作成する画像合成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、パーソナルコンピュータ（PC）の性能価格比が向上することなどにより、企業・教育・家庭などで急速に普及している。同時に従来の銀塩フィルムを用いたカメラに代わって、ビデオカメラなどの映像情報機器もいろいろな場面で利用されるようになってい。

【0003】特にデジタルカメラは、撮影した画像に対して、現像処理が不要、消去・編集が容易等の理由でPCユーザーを中心として需要が拡大されている。このデジタルカメラは、CCD等の固体撮像素子によって撮

像するが、銀塩フィルムに比較して解像度が劣るため、高解像度化の技術が強く望まれている。

【0004】この高解像度化は、撮像素子の画素数を増やすことにより実現するが、一般に固体撮像素子のコストは、画素数の増大に従って大幅に上昇することが知られており、カメラ自体が高額となってしまう。

【0005】そこで例えば特開平6-141246号公報に記載されるような複数の撮像素子で撮影した画像を合成する技術や、特開平6-141228号公報に記載されるようなカメラの移動等で被写体を分割撮影することで1つの撮像素子による画像を合成する技術等が知られている。

【0006】これらの画像合成処理技術のうち、一例として複数の撮像素子を用いる場合の撮像素子を利用する技術について、図18（a）を参照して簡単に説明する。

【0007】この撮像装置は、光学系2、CCD等の撮像素子を含む撮像部3及びデジタルデータに変換するA/D変換部4からなる画像入力部1a、1b、1cと、それぞれに入力した画像A、B、Cを合成する画像合成部6と、合成された画像を表示するモニタ7と、プリンタ8と、記憶媒体9とで構成される。ここで、画像入力部1a、1b、1cは、一般的にホワイトバランスを調整したり、画像データを効率よく格納するために圧縮する画像処理部を有しているが省略している。

【0008】撮影される被写体5は、重複部分を持つように複数の画像に分割されて画像入力部1a～1cで撮影され、画像合成部6に入力される。この画像合成部6では、画像の重複部分の画像データより、画像間の位置関係を算出し、合成した画像を作成してモニタ7等に出力する。

【0009】図23には、前記画像合成部6の構成を示す。

【0010】それぞれの画像入力部1a、1b、1cで撮影された画像A、B、Cは、一時的にフレームメモリ10a、10b、10cに格納され、ずれ検出器11a、11bで隣接する画像間の位置関係（平行移動量・回転量）が重複する部分の画像データから算出され、補間演算器12a、12bに出力される。

【0011】これらの補間演算器12a、12bでは、ずれ検出器11a、11bで求められた位置関係から、基準画像（ここでは画像A）にあわせて画像を補正して出力する。そして出力された画像は、係数決定器13で決められた重み付け加算の係数と乗算され、加算器15で加算されてフレームメモリ16に一時的に格納され適宜出力される。

【0012】前記係数決定器13では、図18（b）に示すように、重複部分で徐々に重みを減じて（増やして）いくように係数C_a、C_b、C_cが決定される。

【0013】この技術は、デジタル画像の高解像度化に

有効で有るばかりでなく、広画角化にも利用することができる。さらに、単なる広画角化にとどまらず、次に示すような技術にも応用が可能である。

【0014】ある地点を中心にして周囲360度を撮影した画像、いわゆるパノラマ画像を原画像として、マウスやキーボード操作で好きな視点を選択し、その方向にカメラを向けて撮影した画像を作成してディスプレイ上に表示するソフトウェアが実用化されている。これを見ると、ユーザーは自分の好きな方向から自由に見ることができるため、あたかも撮影した地点に自分が立って周囲を見回しているかのような仮想現実感が得られる。

【0015】このときのパノラマ画像を作成するため、従来は、大きく2つの手法が利用されている。

【0016】第1の手法は、スリット状の開口を有し、開口部をフィルムの巻き上げと同期させて回転して撮影するパノラマカメラを利用するものである。第2の手法は、通常のカメラを水平面上で回転させて全周を複数の画像に分割して複数回撮影し、それらの画像を張り合わせて繋ぎパノラマ画像を作成するものがある。

【0017】これらの手法のうち、後者の第2の手法による画像合成について説明する。

【0018】この第2の手法については、例えば「電子情報通信学会春季全国大会講演会論文集D-453(1991年)」に記載される、図19及び図20に示すような技術を利用している。

【0019】この図19において、Rは被写体Rであり、Oはカメラの基準点(一般には光学系の節点)である。投影面Q, Q'は、被写体が撮影時に投影される投影面である。この場合に、円筒Pは第1の手法でパノラマ画像を撮影したときと同等な投影面であり、点Oを中心とした円筒になる。

【0020】そして、投影面Q, Q'に投影された複数の画像を円筒P上に投影した画像に変換し、それぞれ隣り合う画像を合成するものである。

【0021】例えば、図20(a)は、投影面Q, Q'に投影されたカメラの画像であり、同図(b)は、撮影した画像を投影面Q, Q'からPに投影したものである。これらの画像を特開平5-63978号公報に開示されている方法で合成すると、図20(c)の様な画像が得られるが、これは第1の手法により形成された画像の一部と等価である。

【0022】また、上記特開平6-141246号公報に記載される技術では、隣接する画像間を合成する際に平滑化処理を行っているため、重複する部分は滑らかに繋がる。しかし図21に示すような被写体を撮影した場合、図22(a)のように左側画像は空が大きく写っているため、図22(b)の右側画像のように建物のみが撮影される画像に比べて、全体が暗めに露出設定される。これらの2枚の画像を公報に記載される技術で合成した場合、露出の違いは滑らかに変化して貼り合わせら

れるが、全体としては左右の明るさの違いが目立ち、不自然な画像となってしまう。

【0023】さらに、特開平9-93430号公報には、露出補正を行ってから画像を合成する技術が開示されている。この技術では、第1に、画像間の重複部分全体における平均値の差から補正係数を決定する方法、及び第2に、複数の特徴点を検出し、検出した特徴点の画素値から最小二乗的に補正係数を決定する方法などが開示されている。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】前述した画像合成処理を行う技術において、貼り合わせる場合に従来の技術により位置関係が適正に行われたとしても、露出補正に関しては、特開平9-93430号公報に開示された方法では、平均値に近い画素値を持った部分は、ほぼ正確に補正される一方、平均値から離れた値を持つ画素値では誤差が大きくなる。さらに複数の特徴点を探索するため、処理時間が非常にかかる等の問題点が生じる。

【0025】また上記特開平9-93430号公報では、補正後に原画像の階調範囲からはみ出した値を正規化して、補正前の原画像と同じ階調数を保っているが、この方法では補正しなかった画像中、最も明るい階調を持つ部分に擬輪郭が生じる。

【0026】また、画像の貼り合わせ合成を行う場合に、前述したパノラマ画像を作成する第2の手法を用いるためには、撮影画像を投影する円筒半径を決定するために、撮影器材の画角を知っている必要がある。

【0027】画角は、焦点距離と撮像素子のサイズから計算できるが、一般にそういう知識を持っているユーザーは少なく、また、最近はレンズにズーム機能のついたカメラも普及しており、ズーム両端でなければ、撮影時の焦点距離を知ることはできない。

【0028】そこで本発明は、被写体を分割して撮影した複数の画像を貼り合わせる画像合成する場合に、隣り合う画像の重複する領域から自動的に画角を算出して、適正な貼り合わせを行い、且つ、処理時間が増大せずに、重複領域の画素値に基づく正確な露出補正が実施可能な画像合成装置を提供することを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、隣接する画像間で重複する領域が含まれるように複数に分割して撮影した分割画像を貼り合わせ合成する画像合成装置において、隣接する画像間で貼り合わせ可能状態に位置関係が補正された前記分割画像の重複領域の少なくとも一部の画素群を選択し、その画素値平均及び分散により決定される露出の補正係数を算出し、貼り合わせすべき全画像若しくは、基準となる画像以外の画像に対して、前記補正係数に応じた露出補正を施す露出補正手段と、前記露出補正手段による露出補正処理が施された各分割画像を張り合わせて画像を合成す

る画像合成処理手段とを備えた画像合成装置を提供する。

【0030】以上のような構成の画像合成装置は、1つの被写体若しくは1つの構図を分割して撮影した複数の分割画像を貼り合せたパノラマ画像（広画角の画像）に合成する際に、これらの画像の貼り合わせ合成前に、重複領域の少なくとも一部の画素群を選択し、その画素値平均及び分散より決定される補正係数を算出し、貼り合わせすべき全画像若しくは、基準となる画像以外の画像に対して、前記補正係数に応じた露出補正を施す露出補正を処理し、露出補正された画像を順次貼り合わせ合成することで、露出的に自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成するものである。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0032】本発明は、1つの被写体若しくは1つの構図を分割して撮影した複数の分割画像を貼り合せたパノラマ画像（広画角の画像）に合成する際に、それぞれの分割画像に対して、見た目に自然な貼り合わせ画像になるように、それぞれに、若しくは一方に露出補正が施して合成する画像合成装置である。

【0033】ここで、本実施形態における分割画像は、隣り合う画像の一部に同じ被写体の部分が撮影されたものであって、何等関係のない被写体からなる画像を合成して新たな構図を生成するものではなく、被写体（構図）を復元することを前提としている。

【0034】以下の実施形態では、説明を簡易にするために、分割画像を画像A, B, Cとして記載するが、3つの画像に限定されるものではないことは勿論である。

【0035】まず、合成画像に露出補正を施す実施形態を詳述する前に、分割撮影された画像の貼り合わせの実施形態について説明する。

【0036】図1には、本発明による第1の実施形態としての画像合成装置の構成例を示し説明する。

【0037】本実施形態のシステムは、デジタルカメラ18と、該デジタルカメラ18が撮影した被写体を複数に分割して撮影した画像A, B, C, …を記憶するメモリカード19と、メモリカード19から分割画像を読み出すカードリーダ20と、読み出された複数の画像を順次、円筒面上に投影した画像に変換し、張り合わせ合成する画像処理部21と、合成された広角画像をそれぞれ出力するモニタ7と、プリンタ8と、記憶媒体9とで構成される。

【0038】前記画像処理部21は、メモリカード19から読み出された画像に伸長処理等を施す画像データ再生部22と、伸長処理されたそれぞれの画像A, B, C

$$R = W_x / (2 \cdot \tan \alpha_x)$$

【0047】で与えられ、(x, y)_pと(θ, Y)_tとの間には、

を一時的に格納するフレームメモリ10a, 10b, 10cと、各フレームメモリに対して、隣接する画像を順次読み出して、後述する方法で画角を推定する画角算出部30と、前記画角を用いて各画像A, B, Cを円筒面上に投影した円筒画像に変換する円筒変換部31と、前記円筒画像を順次張り合わせて合成してパノラマ画像を作成する画像合成部6とで構成される。

【0039】本実施形態は、1台のカメラを用いて、撮影方向または撮影位置を変えて、被写体の一部が重複するように複数回撮影した画像を用いた例を図示しているが、得られた画像の一部に同じ被写体の一部が含まれていればよく、撮影方法は限定されるものではない。

【0040】このように構成された画像合成装置の作用について説明する。

【0041】まず、図示しない被写体を1台のデジタルカメラ18で、図2(b)に示すように、互いに画像の両端部に同じ被写体の一部分が重複するようにずらして撮影する。

【0042】これらの撮影された画像は、一般のデジタルカメラで行われるようなホワイトバランスの調整・圧縮等の処理が行われた後、着脱自在なメモリーカード19に記憶される。

【0043】そして画像処理部21には、カードリーダ20が接続され、装着されたメモリーカード19から画像を含むデータが読み出され、画像データ再生部22で伸長処理等が施され、例えば画像A, B, Cが読み出されて、フレームメモリ10a, 10b, 10cにそれぞれ格納される。

【0044】そして画角算出部30では、フレームメモリから隣接する画像を読み出して、後述する方法で画角を推定して円筒変換部31へ出力する。この円筒変換部31では、図2(a)に示すように、画角 α_x を使って撮影した複数の画像を円筒面上に投影した画像に変換する。

【0045】ここで、ある被写体の1点を円筒面上に投影したときの座標を円筒座標系で表したものを $(\theta, Y)_t$ とし、撮影画面上に投影したときの座標を $(x, y)_p$ と表す。 $(X, Y)_t$ は、Xを円筒面上に沿った長さで表した時の円筒上の座標であり、 θ の単位をラジアンとすれば、 $X = R \times \theta$ となる。

【0046】また、図2(b)に示すように、カメラの基準点を O_t 、円筒表面の原点をC、円筒の半径をR、撮影画面の投影面の原点を $O_p = (\theta_0, 0)_t$ とし、撮影画像の幅を W_x 、上記画角 α_x をX方向の画角（ただし、画像中心から端部まで）とする。このとき円筒の半径Rは、

【数1】

$$\dots (1)$$

【数2】

$$(x, y)_p = (R \cdot \tan(\theta - \theta_0), Y / \cos(\theta - \theta_0)) \dots (2)$$

【0048】の関係がある。そこで、これらの式から $(x, y)_p$ を $(X, Y)_t$ に変換して撮影画像を円筒上に投影した画像を作成する。

【0049】画像合成部6では、前述した特開平6-141228号公報と同様な方法で画像を貼り合わせて合成し、記憶媒体等に記憶又は出力される。

【0050】次に画角算出部30における画像処理について説明する。

【0051】図2(b)は、図示しない三脚等に取り付けられたカメラが、被写体に対して、角度 β だけ回転し、連続して撮影する状態を示している。使用的するカメラの横方向画角は α_x で、撮影画像サイズは $W_x \cdot W_y$ である。

【0052】まず、隣接する画像両方に含まれる同じ被

$$(x_L, y_L)_p = (R \cdot \tan(\theta - \theta_L), Y / \cos(\theta - \theta_L)) \dots (3)$$

$$(x_R, y_R)_p = (R \cdot \tan(\theta - \theta_R), Y / \cos(\theta - \theta_R)) \dots (4)$$

【0056】これらの式(1)、式(3)及び式(4)から次式が導かれ、画角 α_x が求められる。

$$\tan \alpha_x = \frac{y_L^2 - y_R^2}{y_L^2 \cdot A_R^2 - y_R^2 \cdot A_L^2} \dots (5)$$

$$A_R = 2 \cdot x_R / W_x, A_L = 2 \cdot x_L / W_x$$

【0058】同時にカメラ方向の差 $\beta = (\theta - \theta_R) - (\theta - \theta_L)$ も次式を使えば求めることができる。

【0059】

【数5】

$$\tan(\theta - \theta_L) = \frac{2 \cdot x_L}{W_x} \cdot \tan \alpha_x \dots (6)$$

$$\tan(\theta - \theta_R) = \frac{2 \cdot x_R}{W_x} \cdot \tan \alpha_x \dots (7)$$

【0060】以上のように、互いに重複領域を有する画像から自動的に画角を求めるため、パノラマ画像作成に利用できる機種の選択を広げることができる。また、前述した方法では、隣接する2枚の1組の特徴点・対応点から画角 α_x を求めるように述べたが、より多くの点を使って最小二乗的に決定すれば、対応点探索や画像のノイズによる誤差の影響を少なくすることができる。

【0061】また3枚以上の画像の張り合わせ合成については、それぞれ隣接する画像間で推定した画角を考慮すれば、より高い精度で画角を決定することができる。

【0062】次に第2の実施形態としての画像合成装置について、図3、図4を用いて説明する。

【0063】本実施形態は、画像を貼り合わせ合成する

写体の一部分を1点の特徴点として選ぶ。1画像に設定した特徴点を、他画像上にその対応点として見つける方法は、特開平6-141228号公報に開示されている方法などを利用することができる。

【0053】この特徴点が円筒上の $(\theta, Y)_t$ 位置に投影されるものとする。また、左右それぞれの画像の原点を $O_L = (\theta_L, 0)_t$ 、 $O_R = (\theta_R, 0)_t$ とし、前記特徴点の撮影画面上での座標を $(x_L, y_L)_p$ 、 $(x_R, y_R)_p$ とする。

【0054】このとき(2)式から、以下の関係が成り立つ。

【0055】

【数3】

【0057】

【数4】

装置であり、その構成は、前述した第1の実施形態と同様な構成であるが、図4に示す画角算出部30内での処理が異なる。

【0064】この画角算出部30は、画像A、Bの補間演算を行う補間演算部42a、42bと、予め複数の画角候補から順次1つの値を選択し、補間演算部42a、42bに設定する画角仮設定部40と、隣接画像間の重複領域における相関または差分の絶対値和をとる範囲

(比較領域)を設定する比較領域設定部41と、一般的にテンプレートマッチングで用いられる相互相関、正規化相互相関、差分の絶対値和等を評価値として算出する相関演算部43と、相関が最大(差分の絶対値和の場合は最小)か否かを判定する最大最小判定部44と、最大と判定された場合は、その時に設定されていた仮画角を記憶する画角メモリ45とで構成され、この画角メモリ45から読み出された画角は、円筒変換部31a、31b、31cに出力される。

【0065】つまり、前述した第1の実施形態では、特徴点及び対応点の座標から画角 α_x を推定したが、本実施形態では、図3に示すように、仮に設定した画角で入力画像に前述した円筒変換処理を行い、左右の画像の重複部分内で画素値を比較する。この時、比較した結果、相関が最も高いもしくは差分の絶対値和が最小になる画

角を入力機器で撮影される画角と設定する。

【0066】この画角算出部30においては、画角仮設定部40では、例えば、 $15^\circ \sim 30^\circ$ の範囲で 1° ずつの15の画角候補を予め格納しておき、順番に1つの値を選択し、補間演算部42に出力する。上記画角範囲、画角候補については、使用用途、メモリ容量等を考慮して適宜、設定することができることは勿論である。

【0067】そして、比較領域設定部41では、まず、画像データA、Bから特徴点の設定・対応点の探索を行い、続いて、隣接画像間の重複領域の一部を相関（または差分の絶対値和）をとる範囲（比較領域）を設定し、その位置（座標）と大きさを補間演算部42に出力する。

【0068】ここで、重複部分全体を比較範囲にすれば、画角推定の精度は向上するが、計算時間が増大するので、対象に応じて比較領域の大きさを可変とする方が望ましい。隣接する画像（ここでは画像A、B）は、補間演算部42に入力され、先に設定された仮画角に応じて、円筒変換を行い比較領域に含まれる画像データが相関演算部43へ出力される。

【0069】この相関演算部43では、相互相関、正規化相互相関または、差分の絶対値和等を評価値として計算する。計算された評価値は、最大最小判定部44で相関が最大（差分の絶対値和の場合は最小）か否かを判定し、最大（差分の絶対値和の場合は最小）となった場合には、その時に設定されていた仮画角を画角メモリ45に格納する。

【0070】このとき、図3では画像全体を円筒変換するように表現したが、実際には、比較領域部分に対応する部分だけに対して、円筒変換を行えばよい。画角仮設定部40は、予め記憶する設定画角を順番に発生し、画角算出部30の各部分は、上記処理を繰り返し実施する。

【0071】予め記憶された設定画角の全数の処理が終了した場合、最後に画角メモリ45に格納されている値を、推定した画角として円筒変換部31に出力する。

【0072】次に、図5を参照して、第3の実施形態の画像合成装置について説明する。

【0073】本実施形態は、前述した第2の実施形態の画角算出部30の構成が異なっており、最大最小判定部44に代わって、相関変化量算出部46を備え、比較領域どうしの相関値変化から反復的に次の仮画角を設定するものである。

【0074】入力した画像A、Bに対して、比較領域設定部41で比較領域を設定した後、補間演算部42で仮画角に基づいて、円筒変換を施す。このとき、仮画角は、第2実施形態のように設定されているのではなく、次のように逐次的に生成する。

【0075】まず相関変化量算出部46において、計算した相関値をそれ以前に算出した相関値と比較し、その

変化量を計算する。算出された相関変化量データは、画角仮設定部40にフィードバックされ、次の仮画角を決定するのに用いられる。

【0076】このとき、仮画角値を変更するには、最急降下法、シミュレーテッド・アニーリング法などの最適化手法に基づいて行うことができる。

【0077】本実施形態の構成により、予め候補となる画角を設定する必要がなく、入力した画像だけから画角を決定することができる。

【0078】また、第2、第3の実施形態において、合成対象画像が多数ある場合には、それぞれ隣接する画像間で画角を推定し、得られた複数の推定値を平均することでより高精度な画角の推定が可能になる。

【0079】次に、図6を参照して、第4の実施形態の画像合成装置について説明する。本実施形態の構成部位で図1に示した構成部位と同等の部位には同じ参照符号を付してその説明を省略する。

【0080】この画像合成装置は、画像入力機器から入力した画像データA、Bに伸長処理を施す画像データ再生部22と、伸長処理された画像データA、Bを一時的に記憶するフレームメモリ10a、10bと、読み出された画像データを円筒面上に投影する円筒変換部31a、31bと、投影されたデータに基づき、画像の重複部分より算出されたお互いの位置関係から合成画像を作成する画像合成部6と、後述する全周画像補正部56と、円筒変換部31a若しくは以前に求めた合成画像の切り換えて画像合成部6にいずれか一方を入力させる切換部58とで構成される。

【0081】次に、このように構成された画像合成装置の作用について説明する。

【0082】まず、フレームメモリ10a、10bに記憶された画像は、前記(1)式、(2)式に従って、円筒変換部31a、31bにより円筒面上に投影される。それらの円筒面上に投影された画像データは、画像合成部6に入力される。

【0083】この画像合成部6では、ずれ検出部50で隣接画像間の位置関係が算出され、補間演算部51により位置関係に応じて補正された画像が作成される。さらに、係数設定部52では、隣接画像が滑らかに結合するように加算する際の重み付け係数を決定する。そして、その重み付け係数は、乗算器53a、53bに送出されてそれぞれ画像データに乘じられ、加算器54でこれらの画像データが加算される。

【0084】そして、加算された画像データは合成画像として、フレームメモリ55に格納される。さらに、ずれ検出部50で検出された位置関係は、ずれ格納部57に格納されており、フレームメモリ55の合成結果画像は、切換部58を操作することで画像合成部6に入力され、次の原画像と合成される。

【0085】入力した画像がN枚で全周をカバーすると

したとき、N枚目の画像を貼り合わせ合成した後、N番目の画像に1番目の画像を合成することにより、360°をカバーする画像の両端が滑らかに接続される。

【0086】1番目の画像を合成した後は、合成結果画像と、ずれ格納部57に格納された値を全周画像補正部56に出力する。

【0087】図7には、前記全周画像補正部56の構成を示し、説明する。

【0088】この全周画像補正部56において、全周画像補正パラメータ算出部61は、ずれ格納部57から読み出された位置関係から撮影時のカメラの回転角度を計算する。ここで、図8に示すように、i番目の画像とi+1番目の画像とのシフト量(i番目画像の原点を基準にしたとき、合成後にi+1番目画像の基準点がくる位

$$\gamma = \tan^{-1}(s_y / s_x)$$

【0092】そして、補間演算部60では、(9)式の回転角度γに従って入力画像を回転補正し、図9(a)に示すような矩形画像を作成する。画像サイズ調整部62では補正した後の画像のうち、貼り合わせ合成すると、360°をカバーする部分画像を切り出す。図9(b)では、その例として、1番目の画像の下端を基準にしている。また、図9(b)に示すように、隣接画像どうしの交点を考慮すれば、最終的な結果画像にデータのない黒い部分が入らないようにできるため、美しい画像を得ることができる。

【0093】次に図10を参照して、第5の実施形態の画像合成装置について説明する。

【0094】本実施形態は、前述した第1乃至第4の実施形態における分割撮影された画像が貼り合わせ合成される前に、それぞれの画像の露出補正を行い、画像全体が自然な露出になるようにする構成である。

【0095】この画像合成装置は、被写体(図示せず)を光学系302を通して撮像部303で撮影し、A/D変換部304により量子化したデジタルデータに変換する画像入力部301a, 301bと、画像データA, Bとして一時的に記憶するフレームメモリ305a, 305bと、フレームメモリ305から読み出された画像データA, Bから後述の方法で隣接する画像間の位置関係を示すパラメータを算出するずれ検出部306と、前記パラメータと画像データA, Bから平行移動・回転を補正する補間演算部307と、補間演算部307で補正された画像の重複部分から露出補正係数を算出し、対象となる画像(合成する画像の一方若しくは、両方)を補正する露出処理部308と、後述する画像の合成を行う画像合成部313とで構成される。

【0096】前記画像合成部313は、隣接する画像を加算する際の重み付け係数を決定する係数設定部309と、前記係数設定部309により設定された係数を露出処理部308で補正されたそれぞれの画像データA, B

置)を(s_{xⁱ}, s_{yⁱ})とする。ここで、画像はN枚で全周をカバーするとする。但し、(s_{xⁱ}, s_{yⁱ})は、N番目の画像と1番目の画像とのシフト量である。このとき、シフト量の和(s_{x^{Ni}}, s_{y^{Ni}}) (図24参照)は、次の(8)式で与えられる。

【0089】

【数6】

$$s_x = \sum_{i=1}^N s_x^i, s_y = \sum_{i=1}^N s_y^i \quad \dots (8)$$

10

【0090】また、撮影時の光軸周りの回転角度γは、次の(9)式で求められる。

【0091】

【数7】

$$\dots (9)$$

に乘じる乗算器311と、係数が乗じられた画像データを加算する加算器312と、加算された画像データを記憶するフレームメモリ310とで構成される。

20 【0097】このように構成された画像合成装置の画像貼り合わせ及び、露出補正について説明する。

【0098】前記画像入力部301a, 301bにおいて、それぞれ光学系302を通して撮像部303で撮影された被写体(図示せず)を、A/D変換部304で量子化し、デジタルデータに変換して、画像データA, Bとしてフレームメモリ305a, 305bに一時的に記憶する。

30 【0099】前記画像入力部301a, 301bにおいて、素子上のフィルタ配列に応じた画像処理や出力画像サイズを小さくするための圧縮処理等、またフレームメモリに記憶される際の伸長処理等については、本発明の要旨ではないため、公知な手法を用いることとし、詳細な説明は省略する。

【0100】続いて、フレームメモリ305に記憶された画像データは、ずれ検出部306に入力され、後述する方法で隣接する画像間の位置関係を示すパラメータを算出し、補間演算部307に出力する。この補間演算部307では、ずれ検出部306より入力されたパラメータと画像データから、平行移動・回転を補正して出力する。このとき、両方を補正して中間の状態にあわせても構わないし、どちらか一方を基準にしてもう一方のみを補正しても構わない。

【0101】露出処理部308では、補間演算部307で補正された画像データの重複部分から露出補正係数を算出し、対象となる画像を補正して出力する。この露出処理部308での補正方法は後述する。

【0102】次に係数設定部309では、特開平6-141246号公報に開示されている平滑化の技術と同様に、隣接する画像を加算する際の重み付け係数を決定する。

50

【0103】それぞれの画像データは、乗算器311で係数設定部309により設定された係数を乗じられ、加算器312で互いに加算される。加算された画像データはフレームメモリ310に記憶され、プリンタ・モニタ・ハードディスク等の記憶媒体など各種出力機器に出力される。なお、フレームメモリ310から出力機器への出力に関する処理は、本発明の要旨ではないため、公知な手法を用いることとし、その詳細な説明は省略する。

【0104】図11には、図10に示したずれ検出部306の概略を示す図である。

【0105】このずれ量検出部306は、基準画像内の特徴的な部分にテンプレートブロックを設定する特徴点設定部401と、画像データから、互いに対応する点を探査し、特徴点・対応点位置を検出する相関検出部402と、画像間の位置関係を平行移動量 $s = (s_x, s_y)$ ・回転角度 θ として検出するパラメータ算出部403とで構成される。

【0106】このように構成されたずれ検出部306において、まず特徴点設定部401が基準画像内の特徴的な部分にテンプレートブロックを設定する。このテンプレート

$$sx = (tx1 + tx2) / 2 - (mx1 + mx2) / 2 \quad \text{... (10)}$$

$$sy = (ty1 + ty2) / 2 - (my1 + my2) / 2$$

【0111】但し、 s は基準画像の原点を基準にしている。また、 θ は特徴点どうし・対応点どうしを結ぶベクトルの外積から求めることができる。

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{(tx2 - tx1) \cdot (my2 - my1) - (ty2 - ty1) \cdot (mx2 - mx1)}{(dt \cdot dm)} \right)$$

【0113】ここで、 dt 、 dm は (12)、 (13) 式で表される。

$$dt = \sqrt{(tx2 - tx1)^2 + (ty2 - ty1)^2} \quad \text{... (12)}$$

$$dm = \sqrt{(mx2 - mx1)^2 + (my2 - my1)^2} \quad \text{... (13)}$$

【0115】尚、本実施形態では、2点から平行移動量・回転角度を求めるように説明したが、3点以上の対応関係から最小二乗的にパラメータを決定することもできる。また s 、 θ の検出方法は、前記特開平6-141246号公報に開示されているように、変位ベクトルから算出する方法であっても構わない。

【0116】また、画像間の対応関係を検出するためには、テンプレートマッチングと呼ばれる方法を用いている。テンプレートマッチングの評価は、図12(a)に示すように、一方の画像中にテンプレートといわれる小領域を設定し、図12(b)に示すように、他方の画像中に設定されたサーチエリア内で同じ大きさのブロック

$$E = \frac{\sum (a_L - A_L) \cdot (a_R - A_R)}{a_L \cdot a_R} \quad \text{... (14)}$$

【0120】ここで、 a_L 、 a_R は左右の小ブロック内

の各画素値、 A_L 、 A_R は左右の小ブロック内の画素平

レートは、画素値分散が最大になる点やエッジを持つ部分に設定することで、対応する点の検出精度を向上することができる。

【0107】このとき設定された2つの特徴点位置を $(tx1, ty1)$ 、 $(tx2, ty2)$ とする。

【0108】前記相関検出部402では、フレームメモリ305a、305bから入力された画像データから、互いに対応する点を探査し、特徴点・対応点位置をパラメータ算出部403へ出力する（対応点の検出に関しては後述する）。このとき、得られた対応点位置を $(mx1, my1)$ 、 $(mx2, my2)$ とする。

【0109】そしてパラメータ算出部403では、相関検出部402で対応関係の検出された画像中の座標から、対象となる画像間の位置関係を平行移動量 $s = (s_x, s_y)$ ・回転角度 θ として検出する。上記特徴点・対応点の座標から、平行移動量 s は、(10)式であらわされる。

【0110】

【数8】

【0112】

【数9】

【0114】

【数10】

【0117】このとき、小領域内で画素値の差分を加算し、その和が最小になる位置を設定したテンプレートに対する対応点とみなす方法が一般的である。しかし、この方法では、本発明で対象としているような露出差の生じた画像間ではミスマッチングが生じる可能性が高い。

【0118】そこで、図11に示す相関検出部402a、402bでは、次の(14)式に示すような画像の正規化相互相関といわれる値を評価値に用い、この値が最大となる点を対応点と考える。

【0119】

【数11】

... (14)

均値、 σ_L 、 σ_R は左右の小ブロック内の画素の標準偏差であり、 σ_L^2 、 σ_R^2 は、それぞれの画素の分散を示すものである。また、(14)式の和は、小ブロック内のすべての画素について加算する。

【0121】尚、小ブロックとは、一方の画像中に設定されたテンプレートと、他方の画像中に設定されたサチエリア内にあるテンプレートと同じ大きさのブロック

$$E = \sum(a_L - A_L) \cdot (a_R - A_R)$$

【0124】前記(14)式と比較して(15)式では、標準偏差を求める必要がないため、処理の高速化のためには有効である。

【0125】前記ずれ検出部306から補間演算部307に、補正パラメータとしての平行移動量・回転角度が outputされ、そのパラメータの値に従って、対象画像の両方もしくは片方が補正される。この補正による画像の例を図13に示す。

【0126】図14には、図10に示した露出処理部308の具体的な構成を示す。

【0127】この露出処理部308は、ずれ検出部306により検出された平行移動量・回転角度が入力され、図15に示すように補正後の画像の重複した領域に共通の画像データの比較領域701a及び701bを設定する比較領域設定部601と、補間演算部307からそれぞれ補正された画像データA、Bが入力され、設定された比較領域における画素値平均・分散値を算出する平均・分散算出部602a、602bと、画像データA、Bそれぞれの画素値平均・分散から補正係数を算出する補正係数算出部603と、算出された補正係数に基づき、それぞれの画像データA、Bに対して共通な明るさになるように露出補正を行う露出補正部604a、604bとで構成される。

【0128】このように構成された画像合成装置における

$$a_{\text{after}} = C_1 \cdot a_{\text{before}} + C_2$$

【0134】ここで、 a_{before} は、補正前の画素値であり、 a_{after} は補正後の画素値であり、(16)式の結果、 a_{after} の値がそれぞれの画素を表現する階調範囲から外れる場合は、階調の最小値(例えば、零)または階調の最大値にクリップする。

【0135】また、図15に示すような左右それぞれの

$$C_{1L} = 1.0, C_{2L} = 0.0$$

$$C_{1R} = \sigma_L / \sigma_R, C_{2R} = A_L - A_R \cdot \sigma_L / \sigma_R$$

【0137】i i) 右画像を基準にする場合、

$$C_{1L} = \sigma_R / \sigma_L, C_{2L} = A_R - A_L \cdot \sigma_R / \sigma_L$$

$$C_{2R} = 1.0, C_{2L} = 0.0$$

【0138】i i i) 左右の画像の中間を基準にする場合、

を示すものである。

【0122】また、露出差があまり大きくない場合は、(15)式に示すような、(14)式の標準偏差で正規化する部分を省略した相互相関で評価しても十分な精度が得られる。

【0123】

【数12】

... (15)

る露出処理について説明する。

【0129】まず、比較領域設定部601では、図15に示すように補正後の画像で重複する部分に比較領域701a及び701bが設定される。

【0130】また図15では重複する部分内で矩形状に比較領域を設定したが、これは次段の平均・分散算出部603において、データアクセスを簡便にするためであり、処理時間が特に問題にならないのであれば、重複する部分全体を比較領域に設定してもよい。

【0131】そして平均・分散算出部603では、左右それぞれの比較領域中の画素値平均・分散を算出する。

20 このとき、図16(a)のように比較領域内全体の画素全体を計算対象にするのではなく、図16(b)のように、数ピクセルずつ間引いた画素(ハッチをしてある部分が計算に用いる画素)の平均・分散を計算することで、計算時間を短縮することができる。

【0132】ここで、左右それぞれの比較領域中の画素値平均を A_L 、 A_R とし、画素の標準偏差を σ_L 、 σ_R とし、 σ_L^2 、 σ_R^2 は、画素値の分散となる。露出補正は、(16)式に従って行うが、この(16)式の C_1 、 C_2 を補正係数算出部603により、上記で求められた画素値平均・分散を基準に決定する。

【0133】

【数13】

... (16)

画像に対する補正係数を C_{1L} 、 C_{2L} 及び C_{1R} 、 C_{2R} とし、各補正係数は左右それぞれの画像の平均と分散が一致するように、次の式から決定する。

【0136】i) 左画像を基準にする場合、

【数14】

... (17)

【数15】

... (18)

【数16】

$$C_{1L} = \sqrt{\sigma_R/\sigma_L}, \quad C_{2L} = (A_L+A_R)/2 - \sqrt{\sigma_R/\sigma_L} \cdot A_L \quad \dots (19)$$

$$C_{1R} = \sqrt{\sigma_L/\sigma_R}, \quad C_{2R} = (A_L+A_R)/2 - \sqrt{\sigma_L/\sigma_R} \cdot A_R \quad \dots (20)$$

【0139】上記のように、補正係数算出部603で決定された補正係数 C_{1L} 、 C_{2L} 及び C_{1R} 、 C_{2R} は、それぞれ露出補正部604a、604bに送られ、補間演算部307より入力される画像データA、Bが補正される。露出が補正され、露出補正部604a、604bより出力された画像データは、画像合成部313において、重複部分が滑らかに結合されるように重み付け加算して、結果画像が outputされる。尚、画像合成部313について詳しい説明は省略する。

【0140】階調数が256階調であった場合に、補正係数が負となった場合には、階調数が0以下にならないようにするため、補正に用いられる画素値を階調の最小値（例えば、0）にする。これとは反対に、補正係数が予め設定された階調数を最大の信号値以上にならないようには階調の最大値（例えば、255）に固定する。

【0141】ここで、補正係数として、(17)～(20)式を例として挙げたが、この係数は、別のさまざまな変形例が考えられ、勿論本発明は前記式のいずれかに限定されるものではない。

【0142】本実施形態では、係数設定部309とは別に、露出処理部308の内部に露出補正部604を設け、露出補正をした画像を画像合成部に出力するように説明したが、図17に示したように、露出補正係数のみを係数設定部309に出力し、露出補正の効果を含んだ隣接画像間の平滑化係数を設定してもよい。

【0143】以上の実施形態について説明したが、本明細書には以下のような発明も含まれている。

【0144】1. 隣接する画像間で重複する領域が含まれるように複数に分割して撮影した分割画像を貼り合わせ合成する画像合成装置において、前記隣接する画像間で貼り合わせ可能状態に位置関係が補正された前記分割画像の重複領域の少なくとも一部の画素群を選択し、その画素値平均及び分散により決定される露出の補正係数を算出し、貼り合わせすべき全画像若しくは、基準となる画像以外の画像に対して、前記補正係数に応じた露出補正を施す露出補正手段と、前記露出補正手段による露出補正処理が施された各分割画像を貼り合わせて画像を合成する画像合成処理手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【0145】本発明は第5実施形態にかかる露出補正である。

【0146】このように、画像の貼り合わせ合成前に、重複領域の少なくとも一部の画素群を選択し、その画素値平均及び分散より決定される補正係数を算出し、貼り合わせすべき全画像若しくは、基準となる画像以外の画像に対して、前記補正係数に応じた露出補正を施し、こ

の露出補正された画像を順次貼り合わせ合成することで、処理時間が増大せずに、重複領域の画素値に基づき、露出的に自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0147】2. 前記1に記載の画像合成装置において、前記露出補正手段による露出補正を実行する前に平行移動・回転角度を算出するとともに、隣接する画像間で位置関係を補正する画像補正手段をさらに備えたことを特徴とする。

【0148】本発明は第5実施形態にかかる露出補正である。

【0149】このように、画像の貼り合わせ合成前に、露出補正に加えて、隣接する画像間の位置関係も補正されるので、より正確に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0150】3. 前記2に記載の画像合成装置において、前記露出補正手段は、算出された前記補正係数により分割された画像の画素値を補正する際に、予め定めた階調の範囲を超えた場合で、下限を越えた画素値は前記階調の最低値若しくは零とし、上限を越えた画素値は、前記階調の最高値とすることを特徴とする。

【0151】本発明は第5実施形態にかかる露出補正である。

【0152】このように、露出補正の際に、予め定めた階調の範囲を超えた場合で、下限を越えた画素値は前記階調の最低値若しくは零とし、上限を越えた画素値は前記階調の最高値とすることで、より適切な露出補正を施すことができ、正確に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0153】4. 隣接する画像間で重複する領域が含まれるように複数に分割して撮影した分割画像を貼り合わせ合成する画像合成装置において、前記隣接する画像間で貼り合わせ可能状態に位置関係を補正するために、前記分割画像における前記重複領域に含まれる同じ被写体の少なくとも1つの部分を特定点として設定し、その特定点の座標位置的なデータの比較により、互いの画像の画角を推定し、推定した画角に応じて前記画像の位置関係が合致するように幾何学的変形処理を行う画像補正手段と、前記画像補正手段により処理された各分割画像を貼り合わせて合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【0154】本発明は、第1の実施形態にかかる画角推定である。

【0155】このように、1つの被写体若しくは1つの構図を分割して撮影した複数の分割画像を貼り合せたパノラマ画像（広画角の画像）に合成する際に、撮像した

画像から入力機器の画角を求めるとともに、露出補正された画像を順次貼り合わせ合成することで、精度が高く露出的に自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0156】5. 前記4に記載の画像合成装置において、前記画像補正手段は、前記分割された画像における互いに隣接する画像との重複領域の一部に幾何学変形処理を施し、この変形処理された画像を比較することにより、互いの画像の画角を推定し、推定した画角に応じた幾何学変形処理を前記画像の全体部分に施すことを特徴とするものである。

【0157】本発明は、第2の実施形態にかかる画角推定である。

【0158】このように、最初に幾何学処理を施すのは重複領域だけで画角推定後に画像全体に対する幾何学処理を行なうので、処理時間が短縮されるとともに、より精度が高く露出的に自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0159】6. 前記5に記載の画像合成装置において、前記画像補正手段は、前記重複部分に施される幾何学変形処理のパラメータを複数記憶したパラメータ記憶手段を備えたことを特徴とするものである。

【0160】本発明は、第2の実施形態にかかる画角推定である。

【0161】このように、画像補正手段が、幾何学変形処理のパラメータを複数記憶しているので、適切な変形処理を短時間に行なうことができ、より精度が高く自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0162】7. 前記5に記載の画像合成装置において、前記画像補正手段は、前記重複部分に行なう幾何学変形の前記パラメータを変形後の画像の比較結果に応じて変化させて画像を補正することを特徴とする。

【0163】本発明は、第3の実施形態にかかる画角推定である。

【0164】これにより、幾何学処理を施す際の処理パラメータを、変形後の画像の比較結果に応じて変化させることで、より精度が高く自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0165】8. 前記5に記載の画像合成装置において、前記画像補正手段は、前記隣接する画像間の露出を補正した後、前記各画像の画角推定を行なうことを特徴とする。

【0166】本発明は、第1、第2の実施形態にかかる画角推定である。

【0167】このように、各画像の露出を補正した後に各画像の画角を求めてから、貼り合わせ処理を行なうので、より精度が高く自然に貼り合わせられたパノラマ画像を作成することができる。

【0168】9. 撮影地点の周囲を互いに重複する部分

を持つ複数の画像に分割して撮影し、それらを合成して全周パノラマ画像を作成する画像合成装置において、前記複数の画像に分割して撮影された各画像間の光軸周りの回転に対する位置ずれを検出する位置ずれ検出手段と、この位置ずれ検出手段により検出された各隣接画像間の位置関係に応じて画像を補正する画像補正手段と、前記画像補正手段により処理された各分割画像を貼り合わせて合成する画像合成手段とを備えたことを特徴とする画像合成装置。

【0169】本発明は、第4の実施形態にかかるパノラマ補正である。

【0170】このように、画像の貼り合わせ処理を行なう際に、各画像間の光軸周りの回転に対する位置ずれを検出し、検出された位置関係に応じて画像を補正しておくことで、より精度が高く自然に貼り合わせられた全周パノラマ画像を作成することができる。

【0171】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、被写体を分割して撮影した複数の画像を貼り合わせる画像合成を行なう場合に、隣り合う画像の重複する領域から算出した補正係数に基づき、適正な貼り合わせを行なうことができ、処理時間が増大せずに、より精度が高いパノラマ画像が得られる画像合成装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施形態の画像合成装置の構成例を示す図である。

【図2】画像の幾何学変形について説明するための図である。

【図3】画像の円筒変換について説明するための図である。

【図4】第2の実施形態の画像合成装置における画角算出部の構成例を示す図である。

【図5】第3の実施形態の画像合成装置における画角算出部の構成例を示す図である。

【図6】第4の実施形態の画像合成装置における画像処理部の構成例を示す図である。

【図7】第4の実施形態の画像合成装置における全周画像補正部の構成例を示す図である。

【図8】第4の実施形態の画像の位置関係を説明するための図である。

【図9】被写体を複数に分割して撮影した画像の貼り合わせ合成処理について説明するための図である。

【図10】第5の実施形態の画像合成装置における露出補正及び画像合成を行う画像合成装置の構成例を示す図である。

【図11】図10に示したずれ検出部の構成例を示す図である。

【図12】テンプレートマッチングについて説明するための図である。

【図13】補正パラメータ値による補正について説明するための図である。

【図14】図10に示した露出処理部の具体的な構成例を示す図である。

【図15】位置関係補正後の画像の重複領域に設けた露出補正用の比較領域について説明するための図である。

【図16】比較領域中の画素値平均・分散の算出方法について説明するための図である。

【図17】第5の実施形態の画像合成装置の変形例について説明するための図である。

【図18】従来の画像合成装置の構成例及びその画像合成について説明するための図である。

【図19】従来のパノラマ画像を合成する場合について説明するための図である。

【図20】従来のパノラマ画像の合成装置による画像合成を説明するための図である。

【図21】撮影するパノラマ画像の構図の一例を示す図である。

【図22】従来の画像の合成装置による画像合成を説明するための図である。

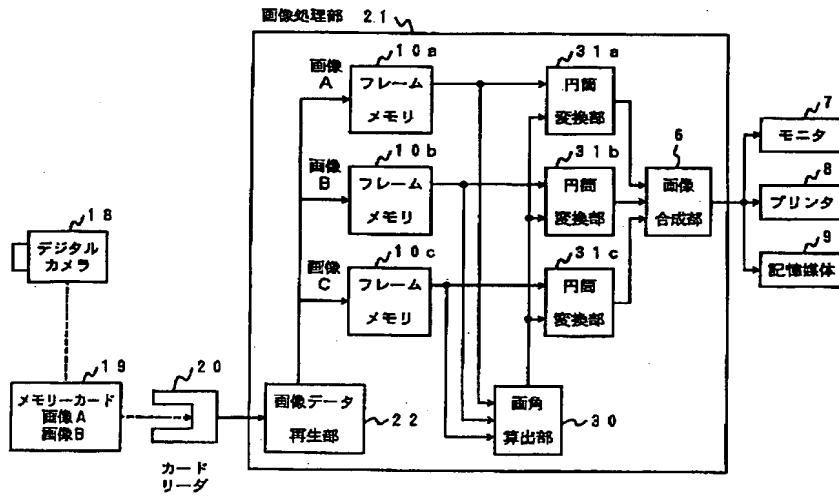
【図23】図18に示した画像合成部の構成例を示す図である。

【符号の説明】

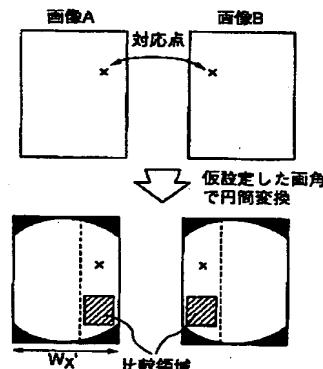
6…画像合成部

7…モニタ
8…プリンタ
9…記憶媒体
10a～10c, 305a～305b, 310…フレームメモリ
18…デジタルカメラ
19…メモリカード
20…カードリーダ
21…画像処理部
22…画像データ再生部
30…画角算出部
31…円筒変換部
301a, 301b…画像入力部、
302…光学系
303…撮像部
304…A/D変換部
306…ずれ検出部
307…補間演算部
308…露出処理部
309…係数設定部
311…乗算器
312…加算器
313…画像合成部

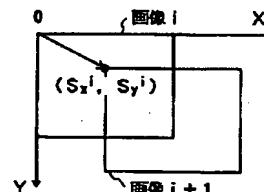
【図1】



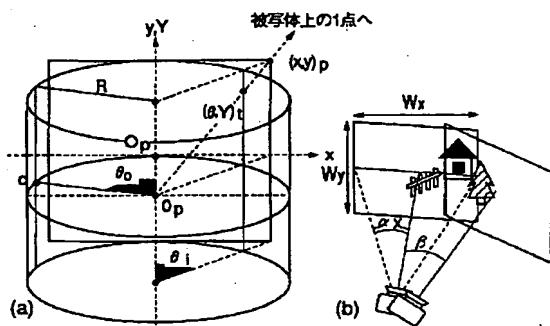
【図3】



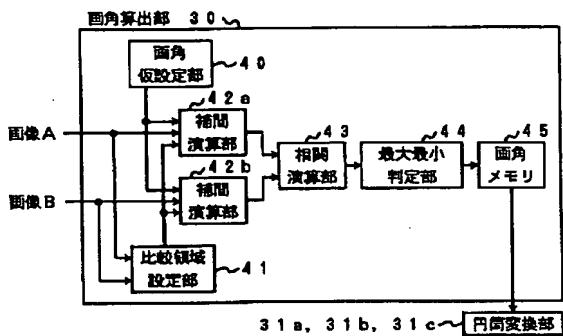
【図8】



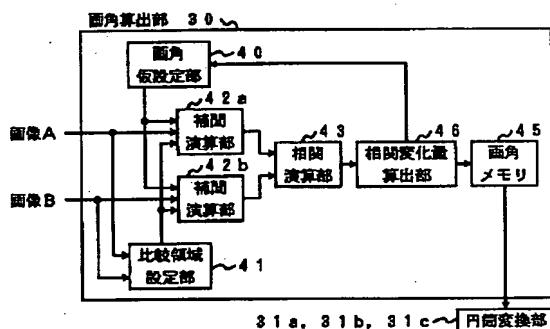
【図2】



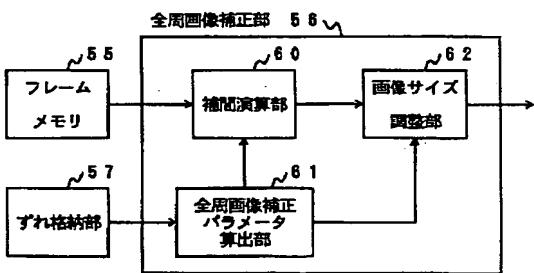
【図4】



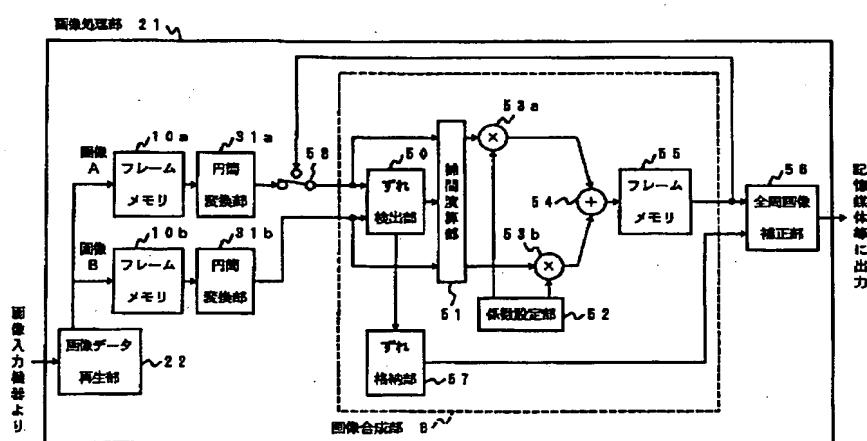
【図5】



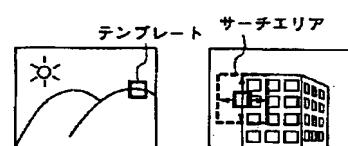
【図7】



【図6】

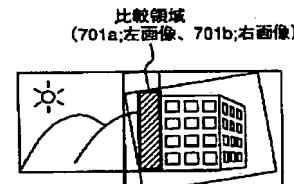


【図12】



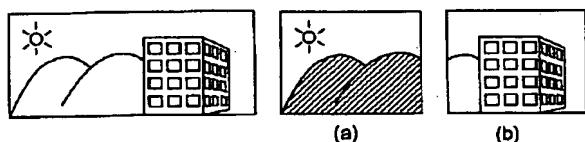
(a) (b)

【図15】

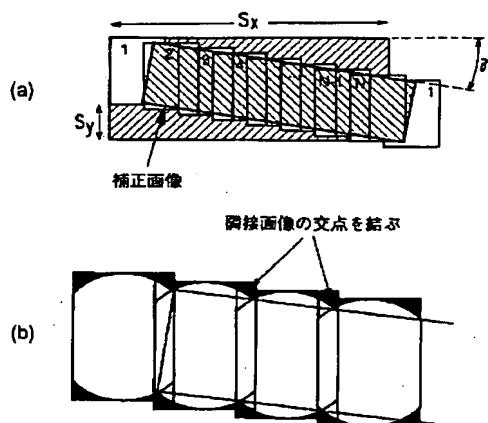


【図21】

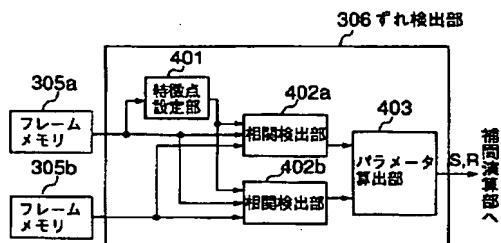
【図22】



[図9]

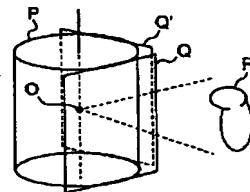


【図11】

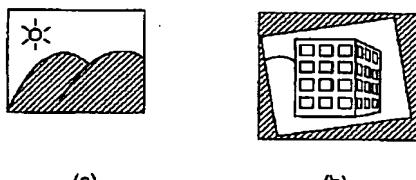


[图10]

[図19]



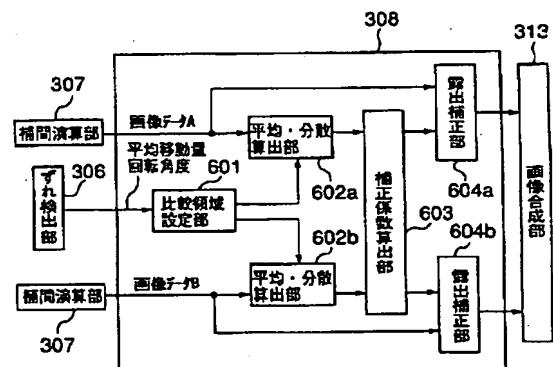
[図 13]



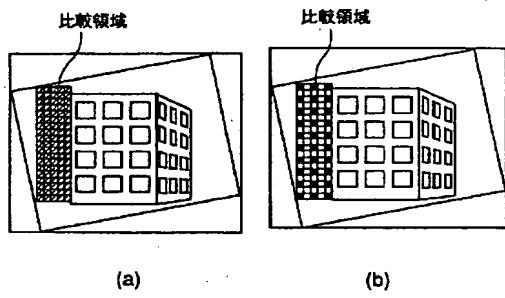
(a)

(b)

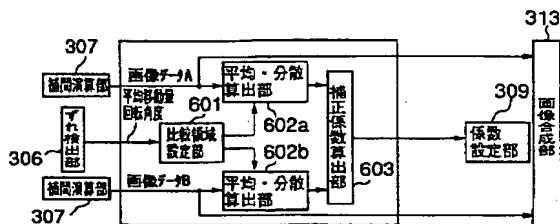
[図14]



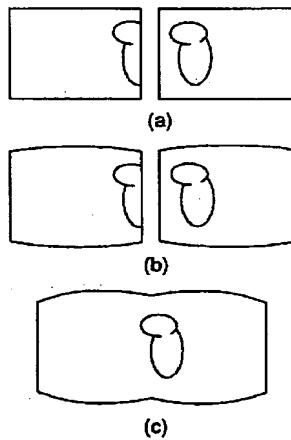
【図16】



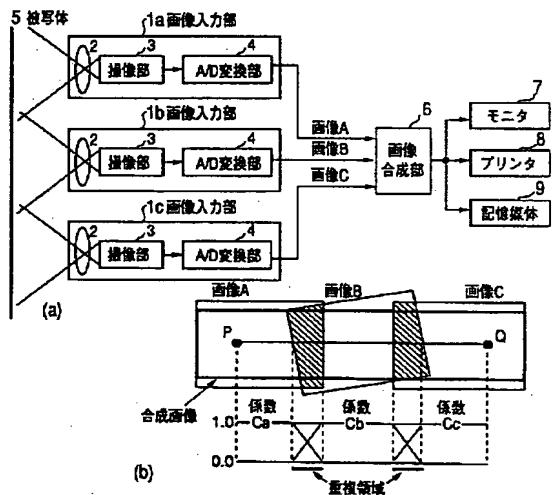
【図17】



【図20】



【図18】



【図23】

